

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-000614

(43)Date of publication of application : 09.01.2001

(51)Int.Cl.

A63B 69/36  
G01P 15/00

(21)Application number : 11-173638

(71)Applicant : RITSUMEIKAN  
SUMITOMO PRECISION PROD CO LTD

(22)Date of filing : 21.06.1999

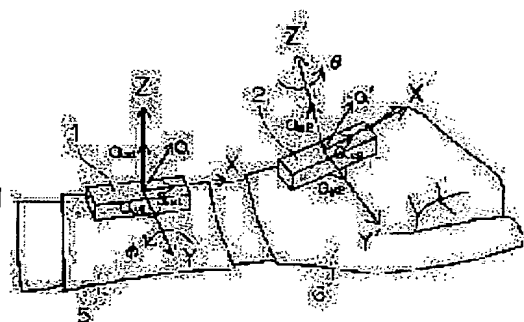
(72)Inventor : MAKIKAWA MASAOKI  
KURATA SATOSHI  
TAKAHASHI AYUMI  
KAGAWA TETSUYA

## (54) SWING ANALYZING METHOD AND DEVICE THEREFOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To analyze a swing without restricting joint motion by measuring a dynamic vector by setting individual coordinate systems on both sides in the vicinity of a joint at swinging time, and analyzing a swing by determining a joint angle from a relative angle between both coordinate systems.

**SOLUTION:** An acceleration sensor 1 is installed on a ring-shaped supporter 5, and an acceleration sensor 2 is installed on a glove 6, respectively to be respectively installed on a front arm in the vicinity of a wrist and the back of a hand to measure an angle of the wrist at swinging time. That is, X, Y, Z axes of the acceleration sensor 1 are used as a reference coordinate system, and X', Y', Z' axes of the acceleration sensor 2 are used as a motional coordinate system to express motion of the wrist as the positional relationship between both coordinate systems. A palm back bending angle  $\phi$  and an ulnar radial bending angle  $\theta$  are calculated. A swing is photographed by a video camera to determine a joint angle. A measuring result and the joint angle are compared and examined to thereby analyze the swing without restricting joint motion.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[JP,2001-000614,A]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In athletic sports which hit a ball with the above-mentioned game tools by swinging game tools grasped by hand Set up system of coordinates according to individual respectively on both sides of the joint [ / near a contestant's joint ] concerned during swing, and a dynamic vector is measured. A swing analysis method characterized by asking for an angle of the above-mentioned joint and analyzing swing of the above-mentioned contestant with this angle when a vector in both sides of this joint asks for whenever [ between the two above-mentioned system of coordinates / angular relation ] as an equal.

[Claim 2] A swing analysis method according to claim 1 characterized by measuring a dynamic vector near the part which hits a ball in the above-mentioned game tools during swing, asking for the moment game tools hit a ball based on this measurement value, and asking for an angle of a joint in that moment.

[Claim 3] The above-mentioned joint is the swing analysis method according to claim 1 or 2 characterized by being the joint of a contestant's wrist.

[Claim 4] For the above-mentioned athletic sports, 3 is [ claim 1 which is golf and is characterized by asking for an angle of a joint of right-and-left both wrists thru/or ] the swing analysis method of a publication either.

[Claim 5] For the above-mentioned vector, 4 is [ claim 1 characterized by including speed, acceleration, angular velocity, angular acceleration, or a position vector thru/or ] the swing analysis method of a publication either.

[Claim 6] claim 1 thru/or either of 5 -- a record medium which recorded procedure for performing an operation procedure for asking for an angle of a joint in a swing analysis method of a publication based on a vector measured on both sides of the

above-mentioned joint by computer and in which computer reading is possible.

[Claim 7] Athletic sports which hit a ball with the above-mentioned game tools by swinging game tools which are characterized by providing the following, and which were grasped by hand A 1st and 2nd measurement means to be respectively attached in both sides of the joint [ /, near the joint of a contestant under swing ] concerned, and to measure a dynamic vector respectively A joint angle detection means by which set system of coordinates according to individual as both sides of the above-mentioned joint respectively, and a vector in both sides of the joint concerned calculates an angle of the above-mentioned joint in quest of whenever [ between the two above-mentioned system of coordinates / angular relation ] from a measurement value of the above-mentioned 1st and 2nd measurement means as an equal

[Claim 8] It is swing analysis equipment according to claim 7 which is equipped with a 3rd measurement means to be attached near the part which hits a ball in the above-mentioned game tools, and to measure a dynamic vector, and is characterized by the above-mentioned joint angle detection means asking for an angle of a joint in the moment game tools hit a ball based on a measurement value of the 3rd measurement means.

[Claim 9] It is swing analysis equipment according to claim 7 or 8 which the above-mentioned vector is acceleration and is characterized by the above 1st thru/or the 3rd measurement means consisting of an acceleration sensor respectively.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is set to various athletic sports, such as golf which swings game tools and hits a ball, analyzes swing in quest of the angle (at the joint of a wrist, it is the angle of a hand and a forearm to make) of the joint of the contestant under swing, and relates to the swing analysis method used in order to perform correction of swing etc. so that the angle of this joint may turn into a suitable angle, and its equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is said that golf is a national sport covering the whole life, and the golf-playing population in current our country is presumed to be a thing exceeding 10 million people. By the practice method for which it depended only on

experience and intuition like before, it is becoming clear that there is a limit in carrying out a skill rise efficiently with the increment in the starting game population. Not only in golf but in all sports, it is an important technical problem whether a skill rise can be carried out, if a dynamic motion of a contestant is measured and what kind of motion is carried out.

[0003] By the way, measurement of an articular movement (for example, relative motion between a hand and a forearm) is required for actuation of human being or the analysis of action. What is depended on the optical technique which used the video camera etc., or a magnetometric sensor as a thing of a non-contact type as the conventional joint angle measurement method is mentioned. Moreover, there is a goniometer which used electric resistance with a rotating type electrical degree meter or elasticity as a thing of a contact process. The optical technique can measure movement of human being now quite correctly with improvement in the engine performance of a camera, or an advance of the analysis method of an image.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the above-mentioned optical technique, since a measurable part is restricted to the range which is visible from outside, while the object part tends to be restricted, the marker who becomes the mark of image analysis hides, it becomes immeasurable by gap of a marker etc., or there is a problem to which measurement precision falls. Moreover, in the measurement using a magnetometric sensor, when there are some which affect measurement within the limits at MAG, such as a metal, there is a problem that exact measurement cannot be performed. Moreover, although such technique has the advantage that it is non-contact, there is a problem that an action range is limited. Furthermore, since the measurement by the electrical degree meter or electric resistance equipped along with a joint, there was [ a problem of an articular movement having been restrained or being easy to damage a meter to a rapid articular movement ].

[0005] Then, this invention person examined how to measure change of the joint angle under swing of various athletic sports, such as golf, by equipping with the sensor which can measure dynamic vectors, such as an acceleration sensor.

[0006]

[Means for Solving the Problem] Namely, this invention solves the above-mentioned technical problem, and aims at offering little swing analysis methods, such as constraint of an articular movement, and equipment of those in a measurement method of a contact process. Therefore, a swing analysis method of claim 1 of this

invention In athletic sports which hit a ball with the above-mentioned game tools by swinging game tools grasped by hand Set up system of coordinates according to individual respectively on both sides of the joint [ / near a contestant's joint ] concerned during swing, and a dynamic vector is measured. By asking for whenever [ between the two above-mentioned system of coordinates / angular relation ] as an equal, a vector in both sides of this joint asks for an angle of the above-mentioned joint, and is characterized by analyzing swing of the above-mentioned contestant with this angle.

[0007] A swing analysis method of claim 2 is characterized by measuring a dynamic vector near the part which hits a ball in the above-mentioned game tools during swing, asking for the moment game tools hit a ball based on this measurement value, and asking for an angle of a joint in that moment in a method of claim 1.

[0008] A swing analysis method of claim 3 is characterized by the above-mentioned joint being a joint of a contestant's wrist in a method of claims 1 or 2.

[0009] a swing analysis method of claim 4 -- claim 1 thru/or either of 3 -- in a method of a publication, the above-mentioned athletic sports are golf, and it is characterized by asking for an angle of a joint of right-and-left both wrists.

[0010] A swing analysis method of claim 5 is characterized by the above-mentioned vector containing speed, acceleration, angular velocity, angular acceleration, or a position vector in claim 1 thru/or any of 4 or a method of a publication.

[0011] a record medium of claim 6 -- claim 1 thru/or either of 5 -- in a swing analysis method of a publication, it is the record medium which recorded procedure for performing an operation procedure for asking for an angle of a joint based on a vector measured on both sides of the above-mentioned joint by computer and in which computer reading is possible.

[0012] In athletic sports which hit a ball with the above-mentioned game tools when swing analysis equipment of claim 7 swings game tools grasped by hand A 1st and 2nd measurement means to be respectively attached in both sides of the joint [ / near the joint of a contestant under swing ] concerned, and to measure a dynamic vector respectively, It is characterized by having a joint angle detection means by which set system of coordinates according to individual as both sides of the above-mentioned joint respectively, and a vector in both sides of the joint concerned calculates an angle of the above-mentioned joint in quest of whenever [ between the two above-mentioned system of coordinates / angular relation ] from a measurement value of the above-mentioned 1st and 2nd measurement means as an equal.

[0013] It has a 3rd measurement means swing analysis equipment of claim 8 is

attached in a configuration of claim 7 near the part which hits a ball in the above-mentioned game tools, and measure a dynamic vector, and the above-mentioned joint angle detection means is characterized by to ask for an angle of a joint in the moment game tools hit a ball based on a measurement value of the 3rd measurement means.

[0014] In a configuration of claims 7 or 8, the above-mentioned vector of swing analysis equipment of claim 9 is acceleration, and it is characterized by the above 1st thru/or the 3rd measurement means consisting of an acceleration sensor respectively.  
[0015]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation at the time of applying this invention to the analysis method of golf swing and its equipment is explained, referring to a drawing. In the analysis of swing, although it is a problem whether its attention is paid to movement of which part a contestant's body, the thing most important for a sport called golf is how to fly a ball straightly, and, for that purpose, it must be straightly suitable to the printing direction of a ball and the ball which a club head makes its aim at the moment of the impact of a club head.

[0016] In that case, although various elements are involved for making an arm head straight, there is a motion of a wrist as one of them. So, in the experiment in the gestalt of this operation, as shown in drawing 1, the angle of the wrist under golf swing was measured by equipping the back of the forearm [ / near the wrist ] 3, and a hand 4 with two acceleration sensors 1 and 2 (the 1st and 2nd measurement means) respectively. In addition, when an acceleration sensor 2 equipped a glove 6 with installation, a supporter 5, and a glove 6, it enabled it to equip with acceleration sensors 1 and 2, while attaching the acceleration sensor 1 on the ring-like supporter 5.

[0017] Thus, the degree which restrains a wrist also decreases by using a supporter 5 and a glove 6 by being able to detach and attach acceleration sensors 1 and 2 easily, and forming a supporter 5 and a glove 6 separately. In addition, you may make it attach the both sides of acceleration sensors 1 and 2 in the long glove which unified the supporter 5 and the glove 6 in fact.

[0018] In the experiment, the electrostatic-capacity mold 3 shaft acceleration sensor (C3A-02-30: Sumitomo Precision Products Co., Ltd. make) whose magnitude is 54x53x16mm and whose weight is 65g was used as acceleration sensors 1 and 2. This acceleration sensor decomposes into 3 shaft components of X, Y, and Z, can detect the acceleration which joined the body using change of electrostatic capacity, and has high shock resistance. In addition, if the acceleration of 3 shaft orientations of X, Y, and Z is measurable when actually enforcing this swing analysis method, the thing of

arbitration can be used as acceleration sensors 1 and 2.

[0019] Moreover, as shown in drawing 2, in order to detect the moment of the impact which hits the golf ball which a golf club 7 does not illustrate, it is equipped with the acceleration sensor 8 (the 3rd measurement means) which can measure the acceleration of 1 shaft orientations near the club head 7a. As this acceleration sensor 8, magnitude equipped with 33x15x4mm and a micro piezoresistance mold 1 shaft acceleration sensor (product made from 3028 - 020:IC SENSORS) in the experiment.

[0020] The features of this acceleration sensor 8 are that an acceleration detection range is as wide range as  $\pm 20G$ , and that there is high shock resistance. It is because it was expected that the reason using this acceleration sensor required quite big acceleration for a club head. In addition, in case this swing analysis method is actually enforced, 1 shaft acceleration sensor of arbitration, 3 shaft acceleration sensor, etc. can be used as an acceleration sensor 8 with which a club head is equipped.

[0021] Since a hand 4 can consider the joint of a wrist to be a turnable biaxial joint to the vertical direction and a longitudinal direction to a forearm 3, the measurement method of the articular movement of a biaxial joint is considered here. at this time, it was shown in drawing 1 -- as -- two acceleration sensors 1 and 2 -- the Z-axis equips so that a Y-axis may come to the longitudinal direction of the back of a forearm 3 and a hand 4 and the X-axis may come in the vertical direction of the back of a forearm 3 and a hand 4 to the cross direction of the back of a forearm 3 and a hand 4.

[0022] The dorsal flexion (upward crookedness) of a wrist and palmar flexion (downward crookedness) can express rotation of the circumference of a Y-axis, ulnar flexion (outward crookedness), and \*\*\*\* (crookedness of the inner sense) as rotation of the circumference of the Z-axis. moreover -- a wrist -- an elbow -- a side -- a forearm -- three -- having equipped -- an acceleration sensor -- one -- X -- Y -- the Z-axis -- standard coordinates -- \*\* -- carrying out -- a hand -- four -- a shell -- having equipped -- an acceleration sensor -- two -- X -- ' -- Y -- ' -- Z -- ' -- a shaft -- movement system of coordinates -- carrying out . Movement of a wrist is expressed by the physical relationship of these two system of coordinates at this time.

[0023] Here, the rotation of two system of coordinates is expressed noting that only phi (refer to drawing 3) rotates movement system of coordinates about the Y-axis of standard coordinates and only theta (refer to drawing 4) makes it rotate about Z' shaft of the movement system of coordinates after rotation further from the condition whose movement system of coordinates shown in drawing 1 corresponded with standard coordinates. the palm hereafter described above -- the calculation method



of the dorsal flexion angle  $\phi$  (angle of rotation of the vertical direction of the hand 4 to a forearm 3) and \*\*\*\*\*  $\theta$  (angle of rotation of the longitudinal direction of a hand 4 to a forearm 3) is explained. The rotational transform matrix when rotating the movement system of coordinates of drawing 1 first from the condition which was in agreement with standard coordinates about the Y-axis of standard coordinates and Z' shaft of movement system of coordinates is searched for.

[0024] First, the rotational transform matrix which only  $\phi$  rotates about the Y-axis of standard coordinates (the X-axis moves to X1 shaft, and the Z-axis moves to Z' shaft in drawing 3) is given by (1) formula of several 1 inside, and only  $\theta$  rotates it about Z' shaft of movement system of coordinates (in drawing 4). A Y-axis is X1 to Y' shaft. A rotational transform matrix when a shaft makes it move to X' shaft is given by (2) formulas of several 1. Therefore, the rotational transform matrix  $R_{yz}$  when rotating in this sequence can be given by (3) formulas of several 1 inside from this (1) and (2) type.

[0025] Next, X of X of the acceleration  $a$  measured by the acceleration sensor 1 with which the forearm 3 side of a wrist was equipped, Y, and acceleration  $a'$  measured by the acceleration sensor 2 which equipped the back of ( $ax1, ay1, az1$ ), and a hand 4 with Z component, Y, and Z component are set to ( $ax2, ay2, az2$ ). Since it is equipped with both two acceleration sensors 1 and 2 near the joint of a wrist at this time, the radius of gyration of rotation, such as dorsal flexion of a wrist and ulnar flexion, becomes small enough.

[0026]

[Equation 1]

[0027] Moreover, by bringing two acceleration sensors 1 and 2 close, when performing rotation centering on certain one on space, the acceleration  $a$  produced in two acceleration sensors 1 and 2 and  $a'$  can be made into an equal. Therefore, two acceleration components ( $ax1, ay1, az1$ ) and the relation of ( $ax2, ay2, az2$ ) can be expressed like (4) types of several 1 inside using the rotational transform matrix  $R_{yz}$ . and it is shown in (5) and (6) type of the following several 2 inside -- as -- the palm from (4) types -- the dorsal flexion angle  $\phi$  and \*\*\*\*\*  $\theta$  were determined.

[0028]

[Equation 2]

[0029] It equips with acceleration sensors 1 and 2 near the joint of both wrists respectively by making the upper person of golf into a test subject hereafter, and the

result of having actually measured the joint angle is shown. In addition, on the occasion of measurement, photography of swing of the test subject by the video camera was also performed, and it asked for the joint angle from the video image, and compared with the measurement result by acceleration sensors 1 and 2. In addition, since it was expected that it took a photograph and asked from one direction with a video camera, and the angle of a wrist was not fully then known, by one set of a video camera, from three directions (seeing from a test subject and seeing from the diagonal right front and a test subject a test subject's transverse plane, diagonal left front), time amount was shifted and golf swing was photoed.

[0030] In that case, when there was no repeatability in swing of a test subject, semantics was lost to measure the angle of the wrist called for from the angle and acceleration of the wrist measured from the image photographed from three directions, but since the ability of enough of a test subject's golf in this experiment was in an upper person's level, it was assumed that repeatability was in swing. With in addition, the "address" of the golf term used below The thing in the condition (club head 7a is usually located near the ball 9 in this condition) of standing it still to swing initiation is pointed out. With "TOPPUOBU swing" Pointing out the moment that club head 7a moved to the highest location, and the body is twisted most, in case a golf club 7 is flung up, "impact" points out the moment swing down a golf club 7 and club head 7a and a ball hit.

[0031] Drawing 5 thru/or drawing 8 are explanatory drawings which imitated and expressed the image of moments, such as the address in the video image photoed with the video camera, and impact, and when drawing 5 and drawing 6 are photoed from a test subject's transverse plane, drawing 7 and drawing 8 show the case where saw from the test subject and a photograph is taken from the diagonal right front. phi in drawing 5 and drawing 6 -- a palm -- theta in a dorsal flexion angle, drawing 7 , and drawing 8 is \*\*\*\*\*, and each inside A of drawing is an auxiliary line for asking for the angle of a wrist. In addition, illustration is omitted about the case where saw from the test subject and a photograph is taken from the diagonal left front.

[0032] the time amount wave of the angle which calculated drawing 9 and drawing 10 by the calculation method of the movement angle of a biaxial joint by the formula in said-two number (5), and (6) based on the detection output from acceleration sensors 1 and 2 and an acceleration sensor 8 -- it is -- drawing 9 -- the palm of right-and-left both hands -- the dorsal flexion angle phi and drawing 10 show the temporal response of \*\*\*\*\* theta of right-and-left both hands. Moreover, T1 in drawing 9 and drawing 10 is [ the moment of TOPPUOBU swing and T3 of T2 ] the

moments of impact at the time of swing initiation, and these [ T1 ] thru/or T3 are calculated with the output of said acceleration sensor 8 attached near the club head 7a.

[0033] Namely, T1 As for the time of day which the acceleration of a golf club 7 begins to increase from "0" (condition of the address), the time of day when, as for T2, acceleration is set to "0" in the commutation point of swing taking down from flinging up of a golf club 7, and T3, acceleration is called for with the collision with a ball as time of day when an absolute value decreases at the time of impact.

[0034] the angle of the wrist called for from acceleration as a result of the above-mentioned experiment, and the angle of the wrist verified by the swing image — the palm of the left hand before and behind impact — except for the dorsal flexion angle phi, it was mostly in agreement (less than 10% of errors), and it became clear that this measurement method is effective. The result of having measured the angle ( drawing 9 and drawing 10 ) of the wrist calculated by having used acceleration for the following table 1 by this invention method and the angle ( drawing 5 thru/or drawing 8 ) of the wrist measured from the image by the video camera is shown. The angle of each wrist which measured 12 times and was actually obtained was mostly in agreement with the angle shown in drawing 9 and drawing 10 (the less than 10% of the maximum errors).

[0035]

[A table 1]

[0036] As mentioned above, since it became clear that the measurement method of the angle of the joint of the wrist of this invention using acceleration sensors 1, 2, and 8 is effective by the experiment which made the upper person of golf the test subject The angle of the wrist of an upper person (or the Nakagami class person) and a beginner in golf swing is measured using this measurement method. It experimented in the ability of a ball to be straightly flown constantly like an upper person, if a beginner corrects where of swing further about two or more different test subjects from the above-mentioned test subject, and it was examined about the correction method of swing of a beginner etc. Each test subject's golf history and a handicap are shown in a table 2. In addition, instruction of swing etc. was not performed beforehand but the test subjects 1 and 2 who are inexperienced in golf were made to swing freely.

[0037]

[A table 2]

[0038] First, since some defects were discovered by the test subject 1 by measuring the angle of both wrists, the point is described. drawing 11 -- the palm of a test subject's 1 right-and-left both hands -- it is data which computed the dorsal flexion angle  $\phi$  based on the acceleration detected by acceleration sensors 1 and 2, and like the above, at the time of swing initiation, it is T3 at the impact time and, as for T1, T2 is the same at the moment of TOPPUOBU swing also in each following drawing. The angle of the wrist after the impact in this drawing 10 shows that the test subject 1 has not performed after impact the motion (the so-called list turn) that the left palm dorsal flexion angle  $\phi$  becomes larger than the right palm dorsal flexion angle  $\phi$ . When not performing this list turn, a ball flies rightward and becomes easy to die.

[0039] Moreover, since the left palm dorsal flexion angle  $\phi$  is small at the swing initiation time of drawing 11 and the right palm dorsal flexion angle  $\phi$  is large, it turns out that it is suitable to put a ball on bodily left-hand side more in how to establish the beginning. Furthermore, although drawing 12 shows \*\*\*\*\* theta of a test subject's 1 right-and-left both hands, it is at the swing initiation time of this drawing 12, and since right-hand \*\*\*\*\* theta is large, a test subject's 1 posture stands too much, or it turns out that it separates from a ball and there is a defect, such as having taken stance. in addition, the palm of the right-and-left both hands in drawing 11 and drawing 12 -- it asks for the ideal angle of the dorsal flexion angle  $\phi$  and \*\*\*\*\* theta a condition [ that the angle of the wrist of the time of swing initiation and the moment of impact is in agreement, and the list turn being performed ], and its same is said of the ideal angle in each following drawing.

[0040] Next, the result of having computed the angle of both the wrists of the test subject 2 who is a beginner based on acceleration to drawing 13 and drawing 14 is shown. the inside  $\phi$  of drawing -- a palm -- a dorsal flexion angle and theta are \*\*\*\*\* and the same also in the following angle Figs. It being common in a beginner like test subjects 1 and 2 is that the left palm dorsal flexion angle theta has bent to minus (the back of a hand a palm direction) at the time of TOPPUOBU swing. If this motion occurs, since a swing orbit will not be stabilized, cautions are required.

[0041] Moreover, the result of having computed the angle of both the wrists of the test subjects 3 and 4 who are upper persons (or the Nakagami class person) of golf respectively to drawing 15, drawing 16 and drawing 17, and drawing 18 based on acceleration is shown. It being common to these upper person is that the difference of the right palm dorsal flexion angle  $\phi$  at the time of swing initiation and the right palm dorsal flexion angle  $\phi$  at the time of impact is quite large compared with a beginner first. And the difference of right-hand \*\*\*\*\* theta at the time of swing initiation

and right-hand \*\*\*\*\* theta at the time of impact is a large thing compared with a beginner. From a motion of these two wrists, the upper person having done weight migration exactly compared with the beginner, and having caught the ball is expected. Thus, various motions under the location of the ball at the time of the address and whether weight migration is performed and swings have been grasped by measuring the angle of a wrist using acceleration sensors 1 and 2.

[0042] the angle of the wrist called for from acceleration as mentioned above, and the angle of the wrist verified by the swing image -- the palm of the left hand before and behind impact -- except for the dorsal flexion angle phi, it was mostly in agreement (less than 10% of errors), and it was checked that this measurement method is effective. And since according to this measurement method it stands, there is also no limit of a location, the sense, etc. like an image processing and the large-scale equipment in a room unit like a magnetic field sensor is not needed, either, by attaching an acceleration sensor in a supporter etc., it can equip easily and there is an easily measurable advantage.

[0043] In addition, although it attached and stated above when a wrist was equipped with an acceleration sensor and the angle of a wrist was detected, it is also possible to equip a knee and an elbow with an acceleration sensor further, and to correct more synthetic swing. Thus, if this invention is used, even if it does not especially receive a counselor's lesson etc., swing is corrected and early progress can be expected.

[0044] A set each of acceleration sensors 1 and 2 corresponding to [ drawing 19 is an example of the configuration of the equipment for performing swing analysis of the gestalt of this operation mentioned above, and ] right-and-left both hands, The acceleration sensor 8 attached in a golf club 7, and the amplifier 10 respectively connected to the output terminal of each [ these ] acceleration sensors 1, 2, and 8 through a path cord, It consists of a personal computer (personal computer) 12 by which A/D converter 11 is connected with the A/D (analog/digital) converter 11 to which the output side of each amplifier 10 is connected.

[0045] It is possible for the program for computing the angle of a wrist from the output of acceleration sensors 1 and 2 etc. to be installed in this personal computer 12 based on the formula (5) of the several 2 above-mentioned inside and (6), and for the wave shown in drawing 9 , drawing 10 , etc. when the test subject swung to be displayed on the screen of a personal computer 12 etc., and to save these analysis results or to print. In addition, based on the analysis result of a wrist angle, the above-mentioned program may have the function of being able to display the message which directs the location on which a ball is put to a test subject, as described above.

[0046] In addition, among each component shown in drawing 19 , if acceleration sensors 1, 2, and 8 other than personal computer 12, amplifier 10 and A/D converter 11, and record media, such as CD-ROM which recorded the above-mentioned program, are sold as a kit of a lot, also at ordinary homes etc., this kit will be connected to a personal computer and it will become analyzable [ the golf swing only by only installing the above-mentioned program ].

[0047] Although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the analysis of golf swing, it is also possible to analyze swing in the various athletic sports which hit a ball using game tools, such as gateball, tennis, and baseball, by the same method.

[0048] Moreover, although there is an advantage which asks for the angle of joints, such as a wrist, based on acceleration, and the comparatively small acceleration sensors 1 and 2 tend to receive in this case with the gestalt of the above-mentioned implementation, it can also ask for a joint angle by the technique of the system-of-coordinates conversion mentioned above using various dynamic vectors, such as speed other than acceleration, angular velocity, angular acceleration, or a position vector. For example, what is necessary is just to attach two speed sensors instead of the acceleration sensors 1 and 2 in drawing 1 , when asking for the angle of a wrist based on speed. In addition, it cannot be overemphasized that a speed sensor etc. can be substituted also about the acceleration sensor 8 by the side of a golf club 7.

[0049]

[Effect of the Invention] In the athletic sports which hit a ball with the above-mentioned game tools when the swing analysis method of claim 1 of this invention swings the game tools grasped by hand Set up the system of coordinates according to individual respectively on both sides of the joint [ / near a contestant's joint ] concerned during swing, and a dynamic vector is measured. When the vector in the both sides of this joint asks for whenever [ between the two above-mentioned system of coordinates / angular relation ] as an equal, it asks for the angle of the above-mentioned joint. By analyzing and examining how many [ a desirable joint angle and ] joint angles measured about each contestant since swing of the above-mentioned contestant is analyzed with this angle, have shifted It can set now right so that it can swing, while each contestant maintains a desirable joint angle. Thereby, based on scientific data, swing can be corrected exactly, without depending on an upper person's instruction based on experience, intuition, etc.

[0050] The swing analysis method of claim 2 measures a dynamic vector near the part

which hits the ball in the above-mentioned game tools during swing in the method of claim 1, and since it asks for the moment game tools hit a ball based on this measurement value and asks for the angle of the joint in that moment, it becomes possible [ setting right so that a joint angle may turn into an exact angle at the moment of hitting a ball ].

[0051] The swing analysis method of claim 3 becomes possible [ setting right so that the angle of an especially important wrist may turn into a proper angle ], in order to hit a ball exactly, since the above-mentioned joint is a joint of a contestant's wrist in the method of claims 1 or 2.

[0052] In claim 1 thru/or 3, in the method of a publication, the above-mentioned athletic sports are golf, and since [ either ] it asks for the angle of the joint of right-and-left both wrists, the swing analysis method of claim 4 can perform exact golf swing by correcting the angle of both wrists.

[0053] In claim 1 thru/or 4, in the method of a publication, since [ either ] the above-mentioned vector contains speed, acceleration, angular velocity, angular acceleration, or a position vector, the swing analysis method of claim 5 can ask for the angle of a joint by the technique of coordinate transformation using the vector of arbitration among these, and can choose suitably the vector used for measurement of a joint angle according to the class of game, the class of available small sensor, etc., and it is suitable for it.

[0054] The record medium of claim 6 is set to claim 1 thru/or the swing analysis method of any of 5, or a publication. Recorded the procedure for performing the operation procedure for asking for the angle of a joint based on the vector measured on both sides of the above-mentioned joint by computer. By installing the program on the record medium to apply in computers, such as a personal computer, since it is the record medium in which computer reading is possible The portion of data processing of the above-mentioned useful swing analysis method, especially a joint angle can be easily performed using a computer, and the called-for data of a joint angle can be displayed on the screen of a computer, or it can process printing etc. now easily.

[0055] In the athletic sports which hit a ball with the above-mentioned game tools when the swing analysis equipment of claim 7 swings the game tools grasped by hand A 1st and 2nd measurement means to be respectively attached in the both sides of the joint [ / near the joint of the contestant under swing ] concerned, and to measure a dynamic vector respectively, Since it has a joint angle detection means by which set the system of coordinates according to individual as the both sides of the above-mentioned joint respectively, and the vector in the both sides of the joint

concerned calculates the angle of the above-mentioned joint in quest of whenever [ between the two above-mentioned system of coordinates / angular relation ] from the measurement value of the above-mentioned 1st and 2nd measurement means as an equal, like before It can be based neither on optical means nor the magnetic method, but a joint angle can be easily measured now only by equipping with the measurement means for detecting vectors, such as acceleration, near a contestant's joint, and the accuracy of measurement is also fully equal to practical use.

[0056] It has a 3rd measurement means for the swing analysis equipment of claim 8 to be attached in the configuration of claim 7 near the part which hits the ball in the above-mentioned game tools, and to measure a dynamic vector. Since the above-mentioned joint angle detection means asks for the angle of the joint in the moment game tools hit a ball based on the measurement value of the 3rd measurement means The magnitude of the joint angle in the moment of hitting the ball in which the magnitude of a joint angle has important semantics can be measured, based on this measurement result, swing can be corrected so that a joint angle may serve as proper magnitude, and a skill rise can be aimed at now.

[0057] Since the acceleration sensor which whose above-mentioned vector is acceleration in the configuration of claims 7 or 8 as for the swing analysis equipment of claim 9, and the above 1st thru/or the 3rd measurement means consist of an acceleration sensor respectively, and starts can obtain comparatively cheaply and easily the small thing with which it can equip near the joint of a contestant's body, it is suitable for it to use an acceleration sensor as a measurement means, when this swing analysis equipment is constituted.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline perspective diagram showing two acceleration sensors near [ in the swing analysis equipment in the gestalt of operation of this invention ] the wrist.

[Drawing 2] The outline perspective diagram showing the acceleration sensor near [ in the above-mentioned swing analysis equipment ] the club head.

[Drawing 3] Explanatory drawing showing rotation of the standard coordinates in the acceleration sensor near the wrist.

[Drawing 4] Explanatory drawing showing rotation of the movement system of



coordinates in the acceleration sensor near the wrist.

[Drawing 5] Explanatory drawing showing signs that use a video camera and a wrist angle is measured in order to compare with the wrist angle by the acceleration in the gestalt of this operation.

[Drawing 6] Other explanatory drawings showing signs that use a video camera and a wrist angle is measured in order to compare with the wrist angle by the acceleration in the gestalt of this operation.

[Drawing 7] Explanatory drawing of others [ pan / in which signs that use a video camera and a wrist angle is measured in order to compare with the wrist angle by the acceleration in the gestalt of this operation are shown ].

[Drawing 8] Another explanatory drawing showing signs that use a video camera and a wrist angle is measured in order to compare with the wrist angle by the acceleration in the gestalt of this operation.

[Drawing 9] the palm in golf swing of an upper person -- the graph which shows the result of having measured the dorsal flexion angle using acceleration.

[Drawing 10] The graph which shows the result of having measured \*\*\*\*\* in golf swing of an upper person using acceleration.

[Drawing 11] the palm in golf swing of the test subject 1 who is a beginner -- the graph which shows the result of having measured the dorsal flexion angle using acceleration.

[Drawing 12] The graph which shows the result of having measured \*\*\*\*\* in golf swing of the test subject 1 who is a beginner using acceleration.

[Drawing 13] the palm in golf swing of the test subject 2 who is a beginner -- the graph which shows the result of having measured the dorsal flexion angle using acceleration.

[Drawing 14] The graph which shows the result of having measured \*\*\*\*\* in golf swing of the test subject 2 who is a beginner using acceleration.

[Drawing 15] the palm in golf swing of the test subject 3 who is an upper person -- the graph which shows the result of having measured the dorsal flexion angle using acceleration.

[Drawing 16] The graph which shows the result of having measured \*\*\*\*\* in golf swing of the test subject 3 who is an upper person using acceleration.

[Drawing 17] the palm in golf swing of the test subject 4 who is the Nakagami class person -- the graph which shows the result of having measured the dorsal flexion angle using acceleration.

[Drawing 18] The graph which shows the result of having measured \*\*\*\*\* in golf

swing of the test subject 4 who is the Nakagami class person using acceleration.

[Drawing 19] Explanatory drawing showing an example of the configuration of the swing analysis equipment for performing the method of the gestalt this operation.

[Description of Notations]

1 Two Acceleration sensor

7 Golf Club (Game Tools)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-614

(P2001-614A)

(43) 公開日 平成13年1月9日 (2001.1.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

A 6 3 B 69/36

G 0 1 P 15/00

識別記号

5 4 1

F I

A 6 3 B 69/36

G 0 1 P 15/00

テーマコード (参考)

5 4 1 Z

A

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-173638

(22) 出願日 平成11年6月21日 (1999.6.21)

(71) 出願人 593006630

学校法人立命館

京都府京都市北区等持院北町56番地の1

(71) 出願人 000183369

住友精密工業株式会社

兵庫県尼崎市扶桑町1番10号

(72) 発明者 牧川 方昭

滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大

学 びわこ・くさつキャンパス 理工学

部内

(74) 代理人 100080182

弁理士 渡辺 三彦

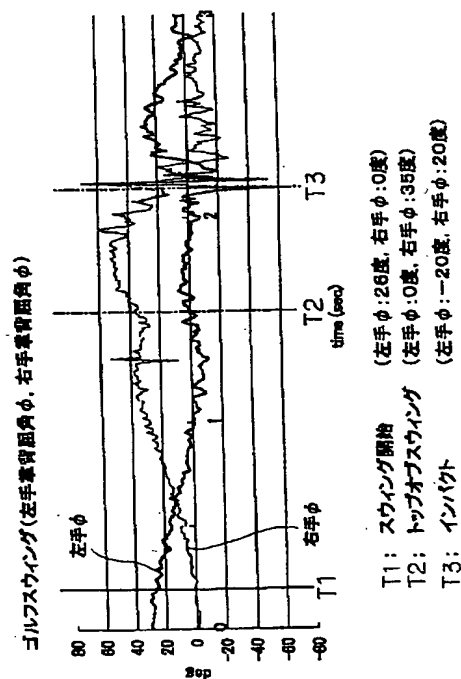
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スイング解析方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 接触式の計測方法において、関節運動の拘束等の少ないスイング解析方法及びその装置を提供すること。

【解決手段】 手で把持した競技用具7をスイングすることにより競技用具でボールを打撃する運動競技において、スイング中に競技者の関節の近傍における当該関節の両側で各々個別の座標系を設定して力学的なベクトルを計測し、この関節の両側におけるベクトルが等しいものとして上記2つの座標系間の相対角度を求めることにより上記関節の角度を求め、この角度により上記競技者のスイングを解析するようにしたスイング解析方法及びその装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 手で把持した競技用具をスイングすることにより上記競技用具でボールを打撃する運動競技において、

スイング中に競技者の関節の近傍における当該関節の両側で各々個別の座標系を設定して力学的なベクトルを計測し、この関節の両側におけるベクトルが等しいものとして上記 2 つの座標系間の相対角度を求めることにより上記関節の角度を求め、この角度により上記競技者のスイングを解析するようにしたことを特徴とするスイング解析方法。

【請求項 2】 スイング中に上記競技用具におけるボールを打撃する部位の近傍にて力学的なベクトルを計測し、この計測値に基づいて競技用具がボールを打撃する瞬間を求め、その瞬間における関節の角度を求めることを特徴とする請求項 1 記載のスイング解析方法。

【請求項 3】 上記関節は競技者の手首の関節であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のスイング解析方法。

【請求項 4】 上記運動競技はゴルフであり、かつ左右両手首の関節の角度を求めることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか記載のスイング解析方法。

【請求項 5】 上記ベクトルは速度、加速度、角速度、角加速度または位置ベクトルを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか記載のスイング解析方法。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれか記載のスイング解析方法において、上記関節の両側で計測したベクトルに基づいて関節の角度を求めるための演算手順をコンピュータにより実行させるための処理手順を記録した、コンピュータ読取可能な記録媒体。

【請求項 7】 手で把持した競技用具をスイングすることにより上記競技用具でボールを打撃する運動競技において、

スイング中の競技者の関節の近傍における当該関節の両側に各々取り付けられて各々力学的なベクトルを計測する第 1 及び第 2 計測手段と、上記関節の両側に各々個別の座標系を設定しかつ当該関節の両側におけるベクトルが等しいものとして上記第 1 及び第 2 計測手段の計測値から上記 2 つの座標系間の相対角度を求めて上記関節の角度を求める関節角度検出手段とを備えたことを特徴とするスイング解析装置。

【請求項 8】 上記競技用具におけるボールを打撃する部位の近傍に取り付けられて力学的なベクトルを計測する第 3 計測手段を備え、上記関節角度検出手段は第 3 計測手段の計測値に基づいて競技用具がボールを打撃する瞬間における関節の角度を求めることを特徴とする請求項 7 記載のスイング解析装置。

【請求項 9】 上記ベクトルは加速度であり、上記第 1 乃至第 3 計測手段は各々加速度センサからなることを特徴とする請求項 7 または 8 記載のスイング解析装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、競技用具をスイングしてボールを打撃するゴルフ等の各種運動競技において、スイング中における競技者の関節の角度（例えば、手首の関節では手と前腕とのなす角度）を求めてスイングを解析し、この関節の角度が適切な角度となるようにスイングの矯正等を行うために用いる、スイング解析方法及びその装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 ゴルフは、生涯にわたる国民スポーツであると言われ、現在わが国におけるゴルフ人口は 100 万人を超えているものと推定されている。係る競技人口の増加に伴い、従来のように経験と勘のみに頼った練習方法では、効率よくスキルアップするには限界があることが明らかになってきている。ゴルフに限らず、あらゆるスポーツにおいて、競技者のダイナミックな動きを計測し、どのような動きをすればスキルアップできるか、ということは重要な課題である。

【0003】ところで、人間の動作や行動の解析には関節運動（例えば、手と前腕との間の相対運動）の計測が必要である。従来の関節角度計測方法としては、非接触式のものとして、ビデオカメラなどを用いた光学的手法や磁気センサによるものが挙げられる。また、接触式のものとして、回転式電気角度計や伸縮性のある電気抵抗を使用した角度計などがある。光学的手法は、カメラの性能の向上や画像の解析方法の進歩に伴い、人間の運動をかなり正確に計測できるようになっている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記した光学的手法では計測可能な部位が外から見える範囲に限られるので対象部位が制限されがちであるとともに、画像解析の目印となるマーカの隠れ、マーカのずれなどにより計測が不可能となったり、計測精度が低下する問題がある。また、磁気センサを用いた計測においては、計測範囲内に金属など磁気に影響を与えるものがあると、正確な計測ができないといった問題がある。また、これらの手法は、非接触であるという利点があるが、行動範囲が限定されるといった問題がある。さらに、電気角度計や電気抵抗による計測は、関節に沿って装着するため、関節運動が拘束されたり、急激な関節運動に対して計器が破損しやすいといった問題があった。

【0005】そこで、本発明者は、加速度センサ等の力学的なベクトルを計測することのできるセンサを装着することにより、ゴルフ等の各種運動競技のスイング中における関節角度の変化を計測する方法を検討した。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明は、上記の課題を解決して、接触式の計測方法において、関節運動の拘束等の少ないスイング解析方法及びその装置を

提供することを目的とする。そのため、本発明の請求項 1 のスイング解析方法は、手で把持した競技用具をスイングすることにより上記競技用具でボールを打撃する運動競技において、スイング中に競技者の関節の近傍における当該関節の両側で各々個別の座標系を設定して力学的なベクトルを計測し、この関節の両側におけるベクトルが等しいものとして上記 2 つの座標系間の相対角度を求めることにより上記関節の角度を求め、この角度により上記競技者のスイングを解析するようにしたことを特徴とするものである。

【0007】請求項 2 のスイング解析方法は、請求項 1 の方法において、スイング中に上記競技用具におけるボールを打撃する部位の近傍にて力学的なベクトルを計測し、この計測値に基づいて競技用具がボールを打撃する瞬間を求め、その瞬間における関節の角度を求めることを特徴とするものである。

【0008】請求項 3 のスイング解析方法は、請求項 1 または 2 の方法において、上記関節は競技者の手首の関節であることを特徴とするものである。

【0009】請求項 4 のスイング解析方法は、請求項 1 乃至 3 のいずれか記載の方法において、上記運動競技はゴルフであり、かつ左右両手首の関節の角度を求めることを特徴とするものである。

【0010】請求項 5 のスイング解析方法は、請求項 1 乃至 4 のいずれか記載の方法において、上記ベクトルは速度、加速度、角速度、角加速度または位置ベクトルを含むことを特徴とするものである。

【0011】請求項 6 の記録媒体は、請求項 1 乃至 5 のいずれか記載のスイング解析方法において、上記関節の両側で計測したベクトルに基づいて関節の角度を求めるための演算手順をコンピュータにより実行させるための処理手順を記録した、コンピュータ読取可能な記録媒体である。

【0012】請求項 7 のスイング解析装置は、手で把持した競技用具をスイングすることにより上記競技用具でボールを打撃する運動競技において、スイング中の競技者の関節の近傍における当該関節の両側に各々取り付けられて各々力学的なベクトルを計測する第 1 及び第 2 計測手段と、上記関節の両側に各々個別の座標系を設定し、かつ当該関節の両側におけるベクトルが等しいものとして上記第 1 及び第 2 計測手段の計測値から上記 2 つの座標系間の相対角度を求めて上記関節の角度を求める関節角度検出手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0013】請求項 8 のスイング解析装置は、請求項 7 の構成において、上記競技用具におけるボールを打撃する部位の近傍に取り付けられて力学的なベクトルを計測する第 3 計測手段を備え、上記関節角度検出手段は第 3 計測手段の計測値に基づいて競技用具がボールを打撃する瞬間における関節の角度を求めることを特徴とするものである。

【0014】請求項 9 のスイング解析装置は、請求項 7 または 8 の構成において、上記ベクトルは加速度であり、上記第 1 乃至第 3 計測手段は各々加速度センサからなることを特徴とするものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明をゴルフスイングの解析方法及びその装置に適用した場合の実施の形態を図面を参照しながら説明する。スイングの解析においては、競技者の身体のどの部位の運動に着目するかが問題であるが、ゴルフというスポーツに最も大切なことは、いかにボールを真っ直ぐに飛ばすか、ということであり、そのためには、ボールとクラブヘッドのインパクトの瞬間に、クラブヘッドが自分の目標とするボールの打ち出し方向に対して真っ直ぐに向いていなければならない。

【0016】その場合、ヘッドを真っ直ぐにするにはいろいろな要素が絡むが、その一つとして手首の動きがある。そこで、本実施の形態における実験では、図 1 に示すように、2 つの加速度センサ 1、2（第 1 及び第 2 計測手段）を各々手首の近傍における前腕 3 及び手 4 の甲に装着することにより、ゴルフスイング中の手首の角度を計測した。なお、加速度センサ 1 は、リング状のサポータ 5 上に取り付ける一方、加速度センサ 2 は手袋 6 に取り付け、サポータ 5 及び手袋 6 を装着することにより、加速度センサ 1、2 を装着できるようにした。

【0017】このように、サポータ 5、手袋 6 を利用することにより、加速度センサ 1、2 の着脱を容易に行うことができ、また、サポータ 5 と手袋 6 を別個に設けることにより、手首を拘束する度合いも少なくなる。なお、実際には、例えば、サポータ 5 と手袋 6 を一体化した長手袋に加速度センサ 1、2 の双方を取り付けるようにしてもよい。

【0018】加速度センサ 1、2 として、実験においては、大きさが  $54 \times 53 \times 16 \text{ mm}$  で、重量が  $65 \text{ g}$  である静電容量型 3 軸加速度センサ（C3A-02-30：住友精密工業株式会社製）を用いた。この加速度センサは、静電容量の変化を利用して物体に加わった加速度を X、Y、Z の 3 軸成分に分解して検出できるもので、高い耐衝撃性を有している。なお、実際に本スイング解析方法を実施する場合は、X、Y、Z の 3 軸方向の加速度が測定可能であれば、加速度センサ 1、2 として任意のものをを用いることができる。

【0019】また、図 2 に示すように、ゴルフクラブ 7 が図示しないゴルフボールを打撃するインパクトの瞬間を検出するため、クラブヘッド 7a 近傍に、1 軸方向の加速度の計測が可能な加速度センサ 8（第 3 計測手段）を装着した。この加速度センサ 8 として、実験では、大きさが  $33 \times 15 \times 4 \text{ mm}$  と超小型のピエゾ抵抗型 1 軸加速度センサ（3028 020：IC SENSORS 社製）を装着した。

【0020】この加速度センサ8の特徴は、加速度検出範囲が±20Gと広範囲であること、高い耐衝撃性があることである。この加速度センサを用いた理由は、クラブヘッドにはかなり大きな加速度がかかると予想されたためである。なお、実際に本スイング解析方法を実施する際には、クラブヘッドに装着する加速度センサ8として、任意の1軸加速度センサ、3軸加速度センサ等を用いることができる。

【0021】手首の関節は手4が前腕3に対して上下方向及び左右方向に屈曲可能な2軸関節と考えることができるので、ここでは、2軸関節の関節運動の計測方法について検討する。このとき、図1に示したように、2つの加速度センサ1、2は、Z軸が前腕3及び手4の甲の上下方向に、Y軸が前腕3及び手4の甲の左右方向に、X軸が前腕3及び手4の甲の前後方向にくるように装着する。

【0022】手首の背屈（上向きの屈曲）、掌屈（下向きの屈曲）はY軸回りの回転、尺屈（外向きの屈曲）、撓屈（内向きの屈曲）はZ軸回りの回転として表現することができる。また、手首の肘側の前腕3に装着した加速度センサ1のX、Y、Z軸を基準座標系とし、手4の甲に装着した加速度センサ2のX'、Y'、Z'軸を運動座標系とする。このとき、手首の運動は、この2つの座標系の位置関係によって表される。

【0023】ここでは、図1に示す運動座標系が基準座標系と一致した状態から、運動座標系を基準座標系のY軸についてφ（図3参照）だけ回転させ、さらに回転後

の運動座標系のZ'軸についてθ（図4参照）だけ回転させたものであるとして、2つの座標系の回転移動を表現する。以下、上記した掌背屈角φ（前腕3に対する手4の上下方向の回転角）、尺撓屈角θ（前腕3に対する手4の左右方向の回転角）の算出方法を説明する。最初に図1の運動座標系を基準座標系と一致した状態から、基準座標系のY軸、運動座標系のZ'軸について回転移動させるときの回転変換行列を求める。

【0024】まず、基準座標系のY軸についてφだけ回転移動（図3において、X軸がX<sub>1</sub>軸にZ軸がZ'軸に移動）させる回転変換行列は数1中の（1）式で与えられ、運動座標系のZ'軸についてθだけ回転（図4において、Y軸がY'軸にX<sub>1</sub>軸がX'軸に移動）させたときの回転変換行列は数1中の（2）式で与えられる。従って、この（1）（2）式より、この順序で回転を行ったときの回転変換行列R<sub>yz</sub>は数1中の（3）式で与えることができる。

【0025】次に、手首の前腕3側に装着した加速度センサ1で計測される加速度aのX、Y、Z成分を（a<sub>x1</sub>、a<sub>y1</sub>、a<sub>z1</sub>）、手4の甲に装着した加速度センサ2で計測される加速度a'のX、Y、Z成分を（a<sub>x2</sub>、a<sub>y2</sub>、a<sub>z2</sub>）とする。このとき、2つの加速度センサ1、2は共に手首の関節の近傍に装着されているので、手首の背屈、尺屈などの回転運動の回転半径は十分に小さくなる。

【0026】

【数1】

$$\begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$R_{yz} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi \cos \theta & \cos \phi \sin \theta & -\sin \phi \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ \sin \phi \cos \theta & \sin \phi \sin \theta & \cos \phi \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} a_{x2} \\ a_{y2} \\ a_{z2} \end{pmatrix} = R_{yz} \begin{pmatrix} a_{x1} \\ a_{y1} \\ a_{z1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi \cos \theta & \cos \phi \sin \theta & -\sin \phi \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ \sin \phi \cos \theta & \sin \phi \sin \theta & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{x1} \\ a_{y1} \\ a_{z1} \end{pmatrix} \quad (4)$$

【0027】また、2つの加速度センサ1、2を近づけることによって、空間上のある一点を中心とした回転運動を行うときに2つの加速度センサ1、2に生じる加速度a、a'を等しいものとするることができる。よって、

2つの加速度成分（a<sub>x1</sub>、a<sub>y1</sub>、a<sub>z1</sub>）と（a<sub>x2</sub>、a<sub>y2</sub>、a<sub>z2</sub>）の関係は回転変換行列R<sub>yz</sub>を用いて数1中の（4）式のように表すことができる。そして、以下の数2中の（5）（6）式に示すように、（4）式から掌

背屈角 $\phi$ 、尺撓屈角 $\theta$ を決定した。

【数2】

【0028】

$$\tan \phi = \frac{-a_{x2} \cdot a_{x1} - a_{x1} \cdot \sqrt{a_{x1}^2 + a_{x1}^2 - a_{x2}^2}}{a_{x1} \cdot a_{x2} - a_{x1} \cdot \sqrt{a_{x1}^2 + a_{x1}^2 - a_{x2}^2}} \quad (5)$$

$$\tan \theta = \frac{-a_{x2} \cdot a_{y1} - a_{y1} \cdot \sqrt{a_{y1}^2 + a_{x2}^2 - a_{y1}^2}}{a_{y1} \cdot a_{y2} - a_{x2} \cdot \sqrt{a_{y1}^2 + a_{x2}^2 - a_{y1}^2}} \quad (6)$$

【0029】以下、ゴルフの上級者を被験者として両手首の関節付近に各々加速度センサ1、2を装着し、実際に関節角度を計測した結果を示す。なお、計測に際しては、ビデオカメラによる被験者のスイングの撮影も行い、ビデオ映像から関節角度を求めて、加速度センサ1、2による計測結果と比較した。なお、ビデオカメラで1方向から撮影したのみでは十分に手首の角度が分からないと予想されたので、1台のビデオカメラで3方向（被験者の正面、被験者から見て斜め右前方、被験者から見て斜め左前方）からゴルフスイングを時間をずらし

て撮影した。  
【0030】その場合、被験者のスイングに反復性がなければ、3方向から撮った画像から計った手首の角度と加速度から求められた手首の角度を比較することに意味がなくなるが、この実験における被験者のゴルフの腕前は十分に上級者のレベルにあるので、スイングに反復性はあると仮定した。なお、以下で使用するゴルフ用語の「アドレス」とは、スイング開始までの静止している状態（この状態でクラブヘッド7aは通常ボール9の近傍に位置している）のことを指し、「トップオブスイング」とは、ゴルフクラブ7を振り上げてゆく際にクラブヘッド7aが最も高い位置に移動して体が最も振じられた瞬間を指し、「インパクト」とはゴルフクラブ7を振り下ろしてクラブヘッド7aとボールが当たる瞬間を指す。

【0031】図5乃至図8は、ビデオカメラで撮影されたビデオ映像中のアドレス、インパクト等の瞬間の画像を模して表した説明図であり、図5及び図6は被験者の正面から撮影した場合、図7及び図8は被験者から見て斜め右前方から撮影した場合を示している。図5及び図6中の $\phi$ は掌背屈角、図7及び図8中の $\theta$ は尺撓屈角で

あり、各図中Aは手首の角度を求めるための補助線である。なお、被験者から見て斜め左前方から撮影した場合については、図示を省略している。

【0032】図9及び図10は、加速度センサ1、2及び加速度センサ8からの検出力に基づいて、前記数2中の式(5)及び(6)により、2軸関節の運動角の算出方法で計算した角度の時間波形であり、図9は左右両手の掌背屈角 $\phi$ 、図10は左右両手の尺撓屈角 $\theta$ の時間的変化を示している。また、図9及び図10中のT1はスイング開始時、T2はトップオブスイングの瞬間、T3はインパクトの瞬間であり、これらT1乃至T3はクラブヘッド7a近傍に取り付けた前記加速度センサ8の出力により求められる。

【0033】すなわち、T1はゴルフクラブ7の加速度が“0”（アドレスの状態）から増加し始める時刻、T2はゴルフクラブ7の振り上げから振り下ろしの転換点において加速度が“0”になる時刻、T3はインパクト時にボールとの衝突に伴って加速度が絶対値が減少する時刻として求められる。

【0034】上記実験の結果、加速度から求められた手首の角度と、スイング画像で検証した手首の角度は、インパクト前後の左手の掌背屈角 $\phi$ を除いてほぼ一致（誤差10%未満）し、この計測方法が有効であることが明らかとなった。以下の表1に本発明方法により加速度を用いて計算された手首の角度（図9及び図10）と、ビデオカメラによる画像から計測した手首の角度（図5乃至図8）とを比較した結果を示す。実際に12回計測して得られたそれぞれの手首の角度は、図9及び図10に示された角度とほぼ一致した（最大誤差10%以内）。

【0035】

【表1】

		加速度を用いて計測した手首の角度	画像で見た手首の角度
アドレス	左手掌背屈角 $\phi$	26度	約25度
	右手掌背屈角 $\phi$	0度	約0度
	左手尺撓屈角 $\theta$	27度	約25度
	右手尺撓屈角 $\theta$	5度	約0度
トップ	左手掌背屈角 $\phi$	-22度	約-2.5度
インパクト	左手掌背屈角 $\phi$	-20度	約20度
	右手掌背屈角 $\phi$	20度	約20度
	左手尺撓屈角 $\theta$	27度	約30度

【0036】以上のように、ゴルフの上級者を被験者とした実験によって、加速度センサ1、2及び8を用いた本発明の手首の関節の角度の計測方法が有効であることが明らかになったので、この計測方法を用いてゴルフスイングにおける上級者（または中上級者）と初心者の手首の角度を比較し、初心者がスイングのどこを矯正すれば上級者のようにコンスタントにボールを真っ直ぐに飛ばすことができるのかを、上記被験者とは異なる複数の被験者についてさらに実験し、初心者のスイングの矯正方法等について検討した。表2に、各被験者のゴルフ歴、ハンディキャップを示す。なお、ゴルフの経験がない被験者1、2には、事前にスイングの指導等を行わず、自由にスイングさせた。

【0037】

【表2】

被験者1	ゴルフ歴なし
被験者2	ゴルフ歴なし
被験者3	ゴルフ歴約5年、ハンディキャップ10
被験者4	ゴルフ歴約4年、ハンディキャップ18

【0038】まず、両手首の角度を計測することにより、被験者1にいくつかの欠点が発見されたので、その点について述べる。図11は被験者1の左右両手の掌背屈角 $\phi$ を加速度センサ1、2で検出した加速度に基づいて算出したデータであり、前記と同様にT1はスイング開始時、T2はトップオブスイングの瞬間、T3はインパクト時であり、以下の各図でも同様である。この図10におけるインパクト後の手首の角度から、被験者1はインパクト後に左手掌背屈角 $\phi$ が右手掌背屈角 $\phi$ より大きくなるという動き（いわゆる、リストターン）ができていないことが分かる。このリストターンを行わない場合、ボールは右方向へ飛んでゆきやすくなる。

【0039】また、図11のスイング開始時点において、左手掌背屈角 $\phi$ が小さく、かつ右手掌背屈角 $\phi$ が大きいことから、最初の構え方においてボールをより体の左側に置くことが好適であることが分かる。さらに、図12は被験者1の左右両手の尺撓屈角 $\theta$ を示すものであるが、この図12のスイング開始時点で右手尺撓屈角 $\theta$ が大きいことから、被験者1の姿勢が立ちすぎている、ボールから離れてスタンスを取っている等の欠点があることが分かる。なお、図11及び図12中の左右両手の掌背屈角 $\phi$ 、尺撓屈角 $\theta$ の理想的な角度は、スイング開始時とインパクトの瞬間の手首の角度が一致していること、リストターンが行われていることを条件として求めたものであり、以下の各図における理想的な角度も同様である。

【0040】次に、図13及び図14に初心者である被験者2の両手首の角度を加速度に基づいて算出した結果を示す。図中 $\phi$ は掌背屈角、 $\theta$ は尺撓屈角であり、以下

の角図でも同様である。被験者1、2のような初心者に共通していえることは、トップオブスイングのときに左手掌背屈角 $\phi$ がマイナス（手の甲が手のひら方向）に折れ曲がっていることである。この動きが発生すると、スイング軌道が安定しないので注意が必要である。

【0041】また、図15、図16及び図17、図18に、各々ゴルフの上級者（又は中上級者）である被験者3、4の両手首の角度を加速度に基づいて算出した結果を示す。これら上級者に共通していえることは、まず、スイング開始時の右手掌背屈角 $\phi$ とインパクト時の右手掌背屈角 $\phi$ の差が初心者に比べてかなり大きいことである。そして、スイング開始時の右手尺撓屈角 $\theta$ とインパクト時の右手尺撓屈角 $\theta$ の差が初心者に比べて大きいことである。これら2つの手首の動きから、上級者は初心者に比べて、的確に体重移動してボールを捕らえていることが予想される。このように、加速度センサ1、2を用いて手首の角度の計測を行うことにより、アドレス時のボールの位置や、体重移動を行っているかどうかなど、スイング中における様々な動きを把握することができた。

【0042】上述したように、加速度から求められた手首の角度と、スイング画像で検証した手首の角度が、インパクト前後の左手の掌背屈角 $\phi$ を除いてほぼ一致（誤差10%未満）し、この計測方法が有効であることが確認された。そして、この計測方法によれば、画像処理のように、立ち位置、向きなどの制限もなく、磁界センサのような部屋単位での大掛かりな装置も必要としないので、加速度センサをサポートなどに取り付けることにより手軽に装着でき、かつ簡単に計測できる利点がある。

【0043】なお、以上では、手首に加速度センサを装着して手首の角度を検出する場合につき述べたが、さらに膝、肘に加速度センサを装着して、より総合的なスイングの矯正を行うことも可能である。このように、本発明を利用すれば、特に指導員のレッスン等を受けなくても、スイングの矯正を行って、早期の上達が期待できる。

【0044】図19は上述した本実施の形態のスイング解析を行うための装置の構成の一例であり、左右両手に対応した各一組の加速度センサ1、2と、ゴルフクラブ7に取り付ける加速度センサ8と、これら各加速度センサ1、2、8の出力端子に接続線を介して各々接続される増幅器10と、各増幅器10の出力側が接続されるA/D（アナログ/ディジタル）変換器11と、A/D変換器11が接続されるパソコン（パーソナルコンピュータ）12からなる。

【0045】このパソコン12には、上記した数2中の式（5）（6）に基づいて、加速度センサ1、2の出力から手首の角度を算出するためのプログラム等がインストールされており、被験者がスイングを行うと、図9及び図10等にした波形等がパソコン12の画面等に表



示され、これらの解析結果を保存したり印刷することが可能となっている。なお、上記プログラムは、手首角度の解析結果に基づいて、上記したように、被験者にボールを置く位置等を指示するメッセージを表示できる等の機能を有していてもよい。

【0046】なお、図19に示した各構成要素中、パソコン12以外の加速度センサ1、2、8、増幅器10及びA/D変換器11と、上記プログラムを記録したCD-ROM等の記録媒体とを一組のキットとして販売すれば、一般家庭等においても、このキットをパソコンに接続し、上記プログラムをインストールするのみで、ゴルフスイングの解析が可能となる。

【0047】上記実施の形態では、ゴルフスイングの解析について説明したが、同様の方法でゲートボール、テニス、野球等の、競技用具を用いてボールを打撃する各種運動競技におけるスイングの解析を行うことも可能である。

【0048】また、上記実施の形態では、加速度に基づいて手首等の関節の角度を求めるようにし、この場合、比較的小型の加速度センサ1、2が入手しやすい利点があるが、加速度以外の速度、角速度、角加速度または位置ベクトル等の各種力学的ベクトルを用い、上述した座標系変換の手法で関節角度を求めることもできる。例えば、速度に基づいて手首の角度を求める場合、図1における加速度センサ1、2の代わりに2つの速度センサを取り付ければよい。なお、ゴルフクラブ7側の加速度センサ8についても、速度センサ等で代用できることは言うまでもない。

【0049】

【発明の効果】本発明の請求項1のスイング解析方法は、手で把持した競技用具をスイングすることにより上記競技用具でボールを打撃する運動競技において、スイング中に競技者の関節の近傍における当該関節の両側で各々個別の座標系を設定して力学的なベクトルを計測し、この関節の両側におけるベクトルが等しいものとして上記2つの座標系間の相対角度を求めることにより上記関節の角度を求め、この角度により上記競技者のスイングを解析するようにしたものであるから、個々の競技者について測定した関節角度が好ましい関節角度とどの程度ずれているかを分析、検討することにより、各競技者が好ましい関節角度を維持しながらスイングできるように矯正することができるようになる。これにより、経験や勘等に基づく上級者の指導等に頼ることなく、科学的データに基づいてスイングの矯正を的確に行うことができるようになる。

【0050】請求項2のスイング解析方法は、請求項1の方法において、スイング中に上記競技用具におけるボールを打撃する部位の近傍にて力学的なベクトルを計測し、この計測値に基づいて競技用具がボールを打撃する瞬間を求め、その瞬間における関節の角度を求めるもの

であるから、ボールを打撃する瞬間に関節角度が的確な角度となるように矯正することが可能となる。

【0051】請求項3のスイング解析方法は、請求項1または2の方法において、上記関節は競技者の手首の関節であるから、ボールを的確に打撃するために特に重要な手首の角度が適正な角度となるように矯正することが可能となる。

【0052】請求項4のスイング解析方法は、請求項1乃至3のいずれか記載の方法において、上記運動競技はゴルフであり、かつ左右両手首の関節の角度を求めるものであるから、両手首の角度を矯正することにより、的確なゴルフスイングを行えるようになる。

【0053】請求項5のスイング解析方法は、請求項1乃至4のいずれか記載の方法において、上記ベクトルは速度、加速度、角速度、角加速度または位置ベクトルを含むものであるから、これらの内任意のベクトルを用いて座標変換の手法により関節の角度を求めることができ、競技の種類や入手可能な小型センサの種類等に応じて、関節角度の計測に用いるベクトルを適宜選択することができ、好適である。

【0054】請求項6の記録媒体は、請求項1乃至5のいずれか記載のスイング解析方法において、上記関節の両側で計測したベクトルに基づいて関節の角度を求めるための演算手順をコンピュータにより実行させるための処理手順を記録した、コンピュータ読取可能な記録媒体であるから、係る記録媒体上のプログラムをパソコン等のコンピュータにインストールすることにより、上記した有益なスイング解析方法、特に関節角度の演算処理の部分をコンピュータを用いて容易に実行でき、求められた関節角度のデータをコンピュータの画面上に表示したり、印刷する等の処理が容易に行えるようになる。

【0055】請求項7のスイング解析装置は、手で把持した競技用具をスイングすることにより上記競技用具でボールを打撃する運動競技において、スイング中の競技者の関節の近傍における当該関節の両側に各々取り付けられて各々力学的なベクトルを計測する第1及び第2計測手段と、上記関節の両側に各々個別の座標系を設定し、かつ当該関節の両側におけるベクトルが等しいものとして上記第1及び第2計測手段の計測値から上記2つの座標系間の相対角度を求めて上記関節の角度を求める関節角度検出手段とを備えたものであるから、従来のように、光学的方法や磁気的方法等によらず、加速度等のベクトルを検出するための計測手段を競技者の関節付近に装着するのみで容易に関節角度を測定することができるようになり、測定精度も十分に実用に耐えるものである。

【0056】請求項8のスイング解析装置は、請求項7の構成において、上記競技用具におけるボールを打撃する部位の近傍に取り付けられて力学的なベクトルを計測する第3計測手段を備え、上記関節角度検出手段は第3

計測手段の計測値に基づいて競技用具がボールを打撃する瞬間における関節の角度を求めるものであるから、関節角度の大きさが重要な意味を持つボールを打撃する瞬間における関節角度の大きさを計測することができ、この計測結果に基づいて、関節角度が適正な大きさとなるようにスイングの矯正を行って、スキルアップを図ることができるようになる。

【0057】請求項9のスイング解析装置は、請求項7または8の構成において、上記ベクトルは加速度であり、上記第1乃至第3計測手段は各々加速度センサからなるものであり、係る加速度センサは競技者の身体

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態におけるスイング解析装置における手首近傍の2つの加速度センサを示す概略斜視図。

【図2】上記スイング解析装置におけるクラブヘッド近傍の加速度センサを示す概略斜視図。

【図3】手首近傍の加速度センサにおける基準座標系の回転を示す説明図。

【図4】手首近傍の加速度センサにおける運動座標系の回転を示す説明図。

【図5】本実施の形態における加速度による手首角度と比較するためにビデオカメラを用いて手首角度を測定する様子を示す説明図。

【図6】本実施の形態における加速度による手首角度と比較するためにビデオカメラを用いて手首角度を測定する様子を示す他の説明図。

【図7】本実施の形態における加速度による手首角度と比較するためにビデオカメラを用いて手首角度を測定する様子を示すさらに他の説明図。

【図8】本実施の形態における加速度による手首角度と

比較するためにビデオカメラを用いて手首角度を測定する様子を示す別の説明図。

【図9】上級者のゴルフスイングにおける掌背屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図10】上級者のゴルフスイングにおける尺撓屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図11】初心者である被験者1のゴルフスイングにおける掌背屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図12】初心者である被験者1のゴルフスイングにおける尺撓屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図13】初心者である被験者2のゴルフスイングにおける掌背屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図14】初心者である被験者2のゴルフスイングにおける尺撓屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図15】上級者である被験者3のゴルフスイングにおける掌背屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図16】上級者である被験者3のゴルフスイングにおける尺撓屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図17】中上級者である被験者4のゴルフスイングにおける掌背屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

【図18】中上級者である被験者4のゴルフスイングにおける尺撓屈角を加速度を用いて計測した結果を示すグラフ。

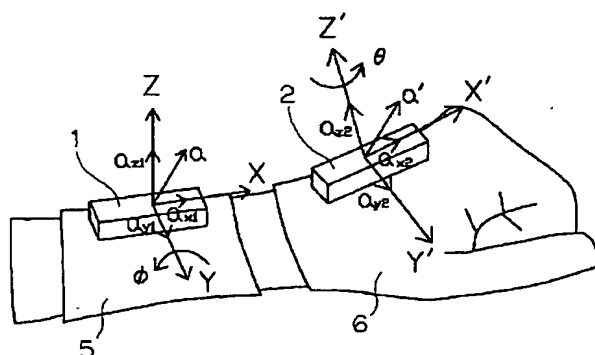
【図19】本実施の形態の方法を実行するためのスイング解析装置の構成の一例を示す説明図。

【符号の説明】

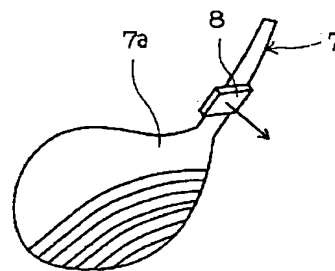
1、2 加速度センサ

7 ゴルフクラブ（競技用具）

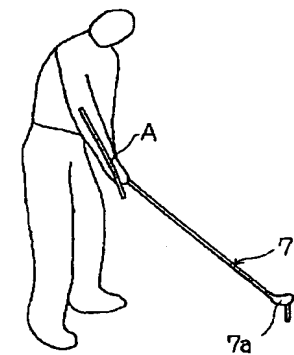
【図1】



【図2】

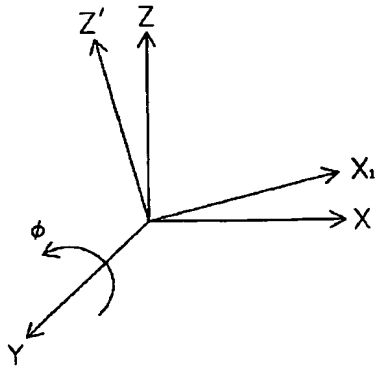


【図7】

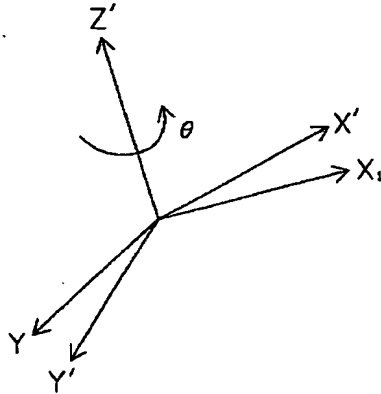


アドレス(右手θ:約0度)

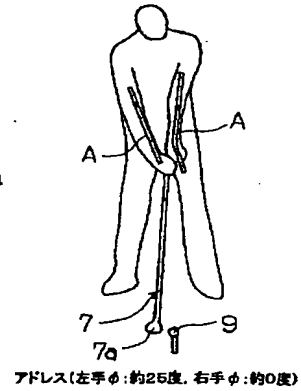
【図3】



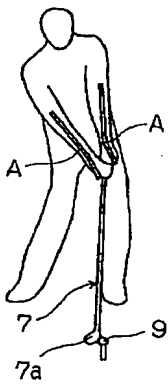
【図4】



【図5】

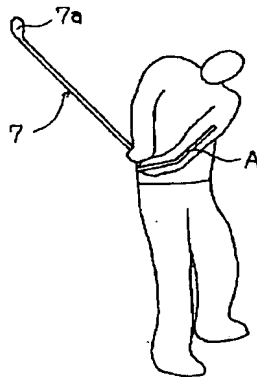


【図6】



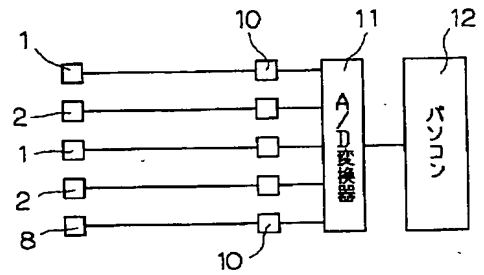
インパクト(左手φ:約20度, 右手φ:約20度)

【図8】



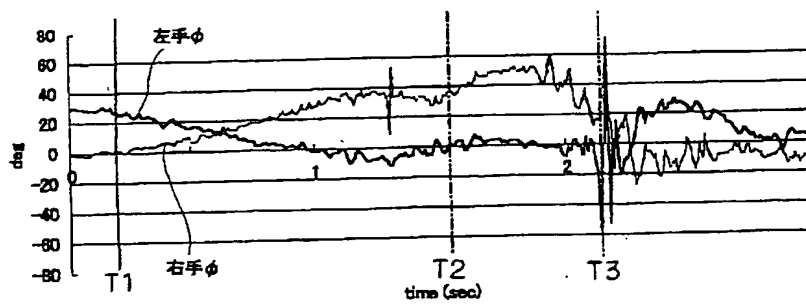
トップオブスウィング(左手θ:約-25度)

【図19】



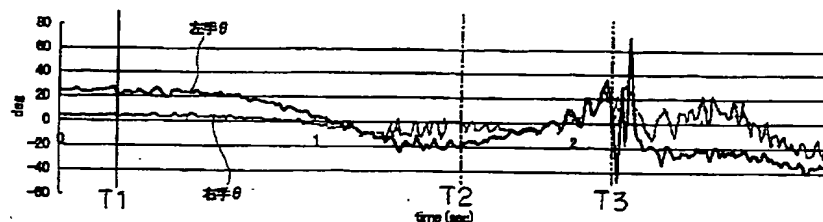
【図9】

ゴルフスウィング(左手掌背屈角φ, 右手掌背屈角φ)



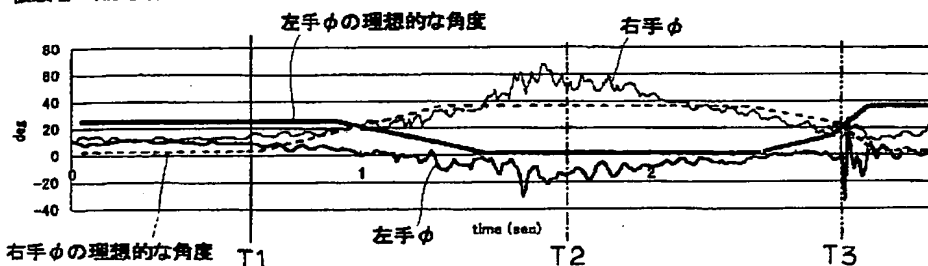
- T1: スウィング開始 (左手φ:26度, 右手φ:0度)  
 T2: トップオブスウィング (左手φ:0度, 右手φ:35度)  
 T3: インパクト (左手φ:-20度, 右手φ:20度)

【図10】

ゴルフスウィング(左手尺桡屈角 $\theta$ , 右手尺桡屈角 $\theta$ )

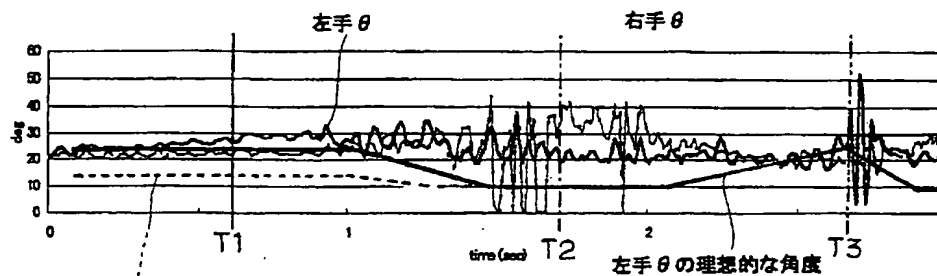
T1: スウィング開始 (左手 $\theta$ :27度, 右手 $\theta$ :5度)  
 T2: トップオブスウィング (左手 $\theta$ : -22度, 右手 $\theta$ :0度)  
 T3: インパクト (左手 $\theta$ :27度, 右手 $\theta$ :20度)

【図11】

被験者1(初心者)のゴルフスウィング(左手掌背屈角 $\phi$ , 右手掌背屈角 $\phi$ )

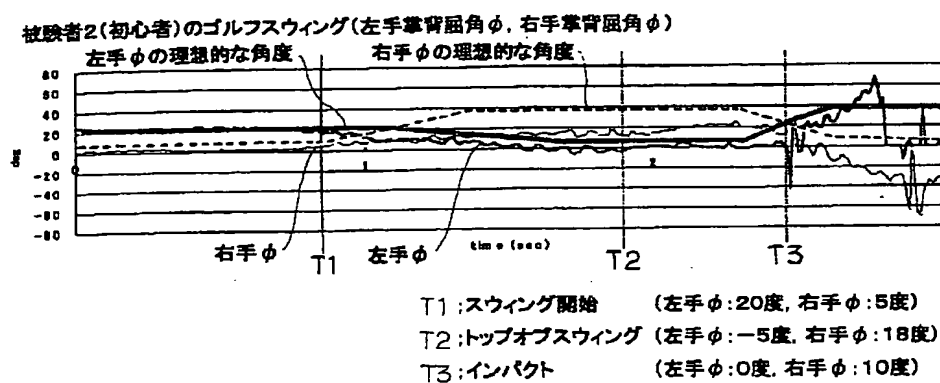
T1: スウィング開始 (左手 $\phi$ :10度, 右手 $\phi$ :15度)  
 T2: トップオブスウィング (左手 $\phi$ : -10度, 右手 $\phi$ :50度)  
 T3: インパクト (左手 $\phi$ :0度, 右手 $\phi$ :20度)

【図12】

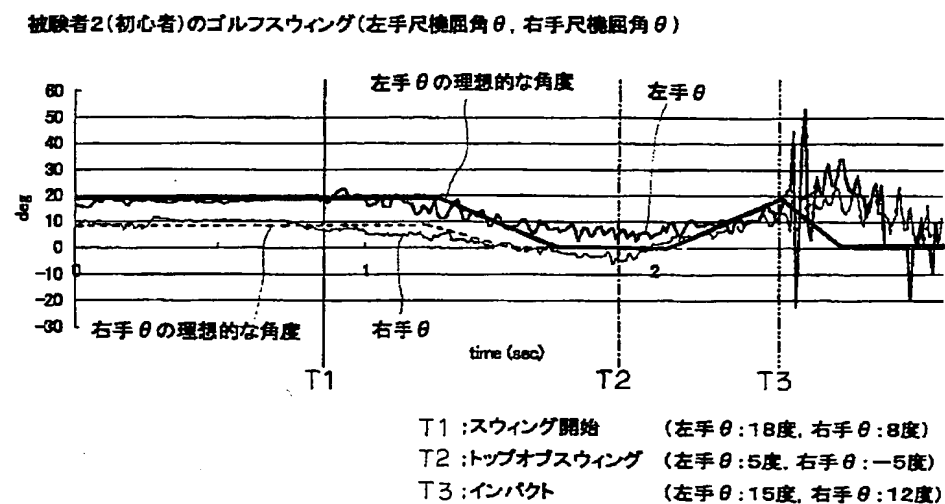
被験者1(初心者)のゴルフスウィング(左手尺桡屈角 $\theta$ , 右手尺桡屈角 $\theta$ )

T1: スウィング開始 (左手 $\theta$ :27度, 右手 $\theta$ :22度)  
 T2: トップオブスウィング (左手 $\theta$ :20度, 右手 $\theta$ :35度)  
 T3: インパクト (左手 $\theta$ :25度, 右手 $\theta$ :20度)

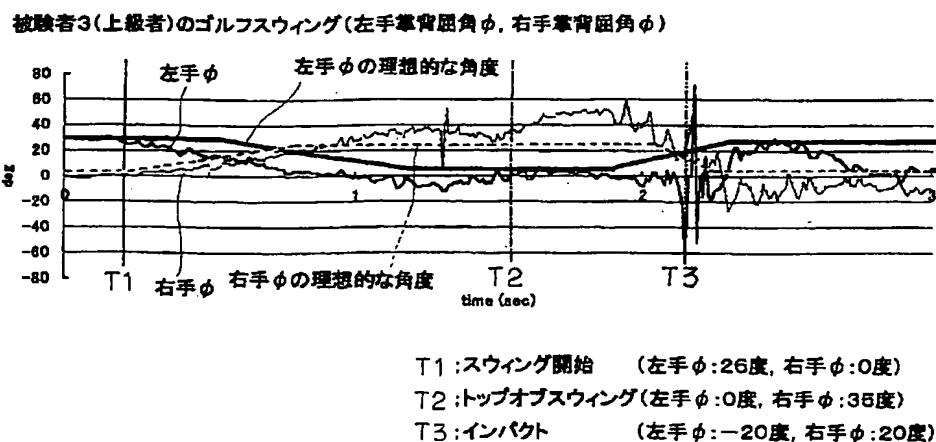
【図13】



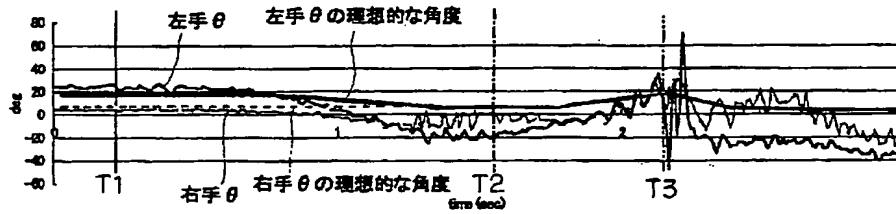
【図14】



【図15】

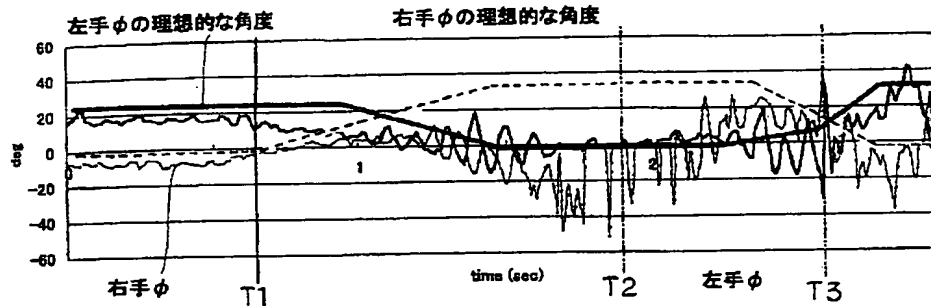


【図16】

被験者3(上級者)のゴルフスウィング(左手尺橈屈角 $\theta$ 、右手尺橈屈角 $\theta$ )

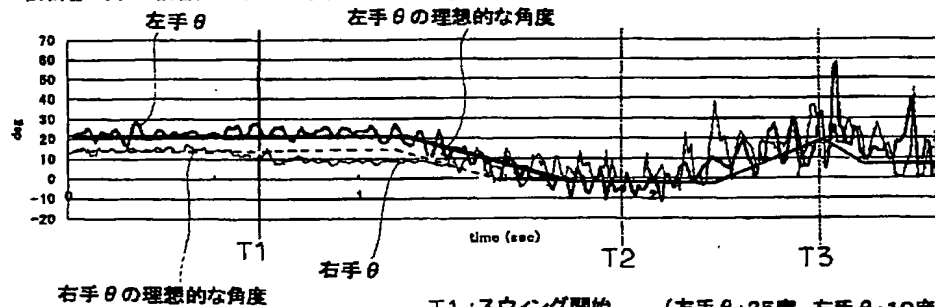
T1: スウィング開始 (左手 $\theta$ : 27度, 右手 $\theta$ : 5度)  
 T2: トップオブスウィング (左手 $\theta$ : -22度, 右手 $\theta$ : 0度)  
 T3: インパクト (左手 $\theta$ : 27度, 右手 $\theta$ : 20度)

【図17】

被験者4(中上級者)のゴルフスウィング(左手掌背屈角 $\phi$ 、右手掌背屈角 $\phi$ )

T1: スウィング開始 (左手 $\phi$ : 12度, 右手 $\phi$ : -2度)  
 T2: トップオブスウィング (左手 $\phi$ : 0度, 右手 $\phi$ : 0度)  
 T3: インパクト (左手 $\phi$ : -20度, 右手 $\phi$ : 20度)

【図18】

被験者4(中上級者)のゴルフスウィング(左手尺橈屈角 $\theta$ 、右手尺橈屈角 $\theta$ )

T1: スウィング開始 (左手 $\theta$ : 25度, 右手 $\theta$ : 10度)  
 T2: トップオブスウィング (左手 $\theta$ : -8度, 右手 $\theta$ : 0度)  
 T3: インパクト (左手 $\theta$ : 30度, 右手 $\theta$ : 20度)

フロントページの続き

(72)発明者 倉田 聡  
滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大  
学 びわこ ・くさつキャンパス 理工学  
部内

(72)発明者 高橋 歩  
兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 10 号 住友精密工  
業株式 会社内  
(72)発明者 香川 哲也  
兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 10 号 住友精密工  
業株式 会社内

ア